

ワイヤレスネットワークにおいてマルチホップ Peer-to-Peer 通信を行うための方法、無線端末装置の通信方法及び当該通信方法をプロセッサに実行させるためのプログラムを記録した媒体

BACKGROUND OF THE INVENTION

FIELD OF THE INVENTION

この発明は、ワイヤレスネットワークにおいてマルチホップ Peer-to-Peer 通信を行うためのプロトコル及び無線端末装置の通信方法に関する。

DESCRIPTION OF THE RELATED ART

ネットワークを用いたデータ通信のプロトコルとして Internet Protocol (IP)が知られている。このプロトコルはインターネットにおいて広く用いられている。

最近、IEEE802.11x や Bluetooth などの無線ネットワークが普及しつつあり、無線ネットワークを利用したデータ通信も提供されつつある。このためのシステムは中央サーバや central point を備えるものであって、Peer-to-Peer 通信を行うためのものではない。

ワイヤレスネットワーク上でマルチホップ Peer-to-Peer 通信を行うためには、途中経路上の各端末がパケットを正しく経路制御しなければならない。しかし、従来の Internet における経路制御技術では、トポロジ変化の激しいネットワークにおいて経路情報の更新が追いつかない可能性が高いと考えられる。ワイヤレスネットワークではノード＝デバイスが広範囲に移動するため、ネットワークへの接続ポイントが頻繁に切り替わる。またシャットダウンしたり電波の圏外へ行ってしまったことで、端末そのものが消滅してしまったかのように見えることもある。

本発明は、係るトポロジ変化の激しいネットワークにおいても正しく経路制御可能なプロトコル及び無線端末装置の通信方法を提供することを目的とする。

SUMMARY OF THE INVENTION

この発明は、複数の無線端末を含み、そのトポロジは時々刻々変化するワイヤレスネットワークにおいてマルチホップ Peer-to-Peer 通信を行うための方法であ

って、

各無線端末が、直接通信可能な無線端末と相互にリンク状態（前記リンク状態は予め定められたホップ数内の無線端末の情報のみを含む）を交換し、ルーティングテーブルを構築するステップと、

パケットが端末を通過する度にその途中経路情報を記憶する経路スタックを含むパケットを用意するステップと、

送信元端末が目的端末を指定して前記パケットをブロードキャストするステップと、

前記パケットを受けた経路途中の無線端末が前記経路スタックに途中経路情報を書き込むとともに、前記ルーティングテーブルに基づき前記パケットを全ての無線端末へ転送するステップと、

前記パケットを受けた目的端末が前記経路スタックの情報に基づき前記パケットが辿ってきた経路を逆行して前記送信元端末へ前記パケットを送り返すステップと、

前記パケットを受けた前記送信元端末が前記パケットに含まれる前記経路スタックの情報に基づき前記経路中の無線端末を経由して前記目的端末へメッセージをユニキャストするステップと、を備えるものである。

この発明は、ワイヤレスネットワークを構成する無線端末の通信方法であって、直接通信可能な無線端末と相互にリンク状態（前記リンク状態は予め定められたホップ数内の無線端末の情報のみを含む）を交換し、ルーティングテーブルを構築するルーティングテーブル生成ステップと、

受けたパケットが自端末宛てでないとき、前記パケットに含まれる経路スタックの途中経路情報及び前記ルーティングテーブルの内容に基づき前記パケットを所定の端末へ転送する転送ステップと、

受けたパケットがソースルーティングの demand パケットであってブロードキャストされたものであるとき、前記パケットに含まれる前記経路スタックに途中経路情報を書き込むとともに、前記ルーティングテーブルに基づき前記パケットを全ての無線端末へ転送する、ソースルーティングの demand パケット転送ステップと、

受けたパケットがソースルーティングの demand パケットであって目的端末から送信元端末へ sendback unicast されたものであるとき、前記パケットに含まれる前記経路スタックの途中経路情報及び前記ルーティングテーブルの内容に基づき前記パケットを所定の端末へ転送する、ソースルーティングの demand パケット返送ステップと、を備えるものである。

この発明に係るプログラムは、上記方法をプロセッサに実行させるためのものである。この発明に係るプログラムは、例えば、記録媒体に記録される。

媒体には、例えば、EPROMデバイス、フラッシュメモリデバイス、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、CD (CD-ROM、Video-CDを含む)、DVD (DVD-Video、DVD-ROM、DVD-RAMを含む)、ROMカートリッジ、バッテリーバックアップ付きのRAMメモリカートリッジ、フラッシュメモリカートリッジ、不揮発性RAMカートリッジ等を含む。

また、電話回線等の有線通信媒体、マイクロ波回線等の無線通信媒体等の通信媒体を含む。インターネットもここでいう通信媒体に含まれる。

媒体とは、何等かの物理的手段により情報（主にデジタルデータ、プログラム）が記録されているものであって、コンピュータ、専用プロセッサ等の処理装置に所定の機能を行わせることができるものである。要するに、何等かの手段でもってコンピュータにプログラムをダウンロードし、所定の機能を実行させるものであればよい。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig.1 は、本発明の実施の形態に係るルーティングプロトコルを説明するためのネットワークトポロジの例を示す。

Fig.2 は、本発明の実施の形態に係るルーティングテーブルの例を示す。

Fig.3 は、本発明の実施の形態における隣接端末間のリンク状態取得処理のフローチャートを示す。

Fig.4 は、Fig.1 の端末 1 B から見たトポロジを示す。

Fig.5 は、Fig.1 の端末 1 A から見たトポロジを示す。

Fig.6 は、Fig.1 の端末 1A からのブロードキャストの様子を示す。

Fig.7 は、Fig.6 の場合の経路スタックの様子を示す。

Fig.8 は、本発明の実施の形態における送信元端末の処理のフローチャートを示す。

Fig.9 は、本発明の実施の形態における目的端末の処理のフローチャートを示す。

Fig.10 は、本発明の実施の形態における経路途中の端末の処理のフローチャートを示す。

Fig.11 は、発明の実施の形態におけるスタック再構成処理のフローチャートを示す。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

以下では Fig.1 のネットワークボロジを例にとって、本発明に係るルーティングプロトコル（以下、Jnutella ルーティングプロトコルと記す）を詳細に説明する。同図中、アルファベットを中に含む丸 1 は各端末を表わし、複数の端末 1 の間の実線は端末 1 間のセッションを表わす。端末 1 はモバイル端末であり、例えば携帯電話、携帯情報端末、ノートパソコンを含む。端末 1 は所定の覆域内のほかの端末 1 と通信を行うことができる。覆域外の端末 1 とはネットワークを通じて通信を行うことができる。例えば、Fig.1 において、端末 1F が端末 1A の覆域外にあり直接通信できない場合であっても、端末 1B、1D、1E を経由することにより端末 1A は端末 1F と通信することができる。各端末 1 は Fig.2 のルーティングテーブルを持つ。

Jnutella ルーティングプロトコルは、隣接する端末 1 間で Fig.2 の構造を持つリンク状態を一定間隔ごとに相互に交換し、データ送信のタイミングと無関係にルーティングテーブルをあらかじめ構築しておく proactive 型を採用している。Fig.3 は端末 1 におけるこの処理のフローチャートを示す。

Fig.3 の S1：所定時間ごとに隣接する端末間におけるリンク情報を交換する処理について説明する。この処理は Fig.3 の S2 乃至 S5 のステップからなる。以下、Fig.4 と Fig.5 を参照して具体的な処理について説明する。

Fig.4 は端末 1B が、隣接端末 1A、1C、1D からリンク状態を取得する様子

を表わす。ここで、端末1A、1C、1Dはいずれも端末1Bの範囲内にあり、端末1Bは端末1A、1C、1Dそれぞれと直接通信可能である。端末1Bは端末1Aから端末1A自身のリンク状態を受け、端末1Cから端末1C自身のリンク状態を受けるとともに、端末1Dから端末1D自身及び端末1E、1Fの情報を受ける。このため、端末1Bは端末1Dの先にある1E及び1F（端末1Bはこれらの端末と直接通信できない）の存在を知ることができる。

Fig.3のS2：自分のルーティングテーブルから所定のホップ圏内にある端末の情報を抽出する処理について説明する。

本プロトコルにおいて各端末1は自分の知っているすべてのリンク情報を一度に交換するのではなく、端末のスコープ（相手までのホップ数）に応じてリフレッシュレートを変化させている。なぜならモバイル環境では経路の変化が激しいため、必要以上に遠いスコープにある端末のリンク情報は、それがFig.3の手順に従って相手にリレー伝達されるまでに無効になっている確率が高いためである。

本プロトコルにおいて、例えば3ホップでリフレッシュレートを変化させている。この場合の例をFig.5に示す。Fig.4において、端末1Bは端末1A、1C、1D乃至1Fのリンク状態を持っている。Fig.5において、端末1Aが端末1Bからリンク状態を得る場合において、端末1Bが転送するリンク情報から受け側の端末1Aから見てホップ数が3を超える端末、すなわち端末1F（端末1Aから端末1Fまでのホップ数は4である）が削除される。端末1Aから見た3ホップ圏内のルーティングテーブルに端末1Fは登録されない。つまり、端末1Aから端末1Fは見えない。この工夫によって、リンク情報交換のために定期的に消費する通信帯域を低く抑ええると同時に、自分にとって重要な数ホップ圏内の経路情報を安定して取得可能となる。

次に、本発明の実施の形態に係るPeer-to-Peer通信を行うための手順について、Fig.6乃至Fig.11を参照して説明する。

上述のように各端末1は所定数（＝3）のホップ圏内の端末のリンク状態のみを持ち、当該ホップ圏外の端末についてのリンク情報を持たない。そうすると、Fig.1の端末1Aと端末1Fがバケットを交換するためにブロードキャストしか使えないことになり、ホップ数の短さに比べて非効率的である。ホップ数を増やせ

ば (Fig.1 においてホップ数=4とする) この問題を解消できるが、リンク状態交換のスコープを広げると伝達にかかるホップ数の時間差を埋めるためにリフレッシュレートを上げる必要があり、通信帯域を余計に消費してしまう。そのため本発明の実施の形態ではリンク状態交換のスコープは狭く押さえるものの、代わりにパケット構造を利用した on-demand 型のソースルーティングを併用している。このルーティングを実現するための経路スタックテーブルの例を Fig.7 に、各端末の処理のフローチャートを Fig.8 乃至 Fig.11 に示す。

以下の説明において、broadcast とは、受け取ったメッセージをすべての接続ノードへマルチホップで転送することである。unicast とは、受け取ったメッセージを特定の接続ノードへマルチホップで転送することである。sendback unicast とは、受け取ったメッセージが辿ってきた経路を逆行して送信元まで送り返すことである。

リンク状態交換のスコープを S 、経路スタックの深さを D とすれば、 $S+D$ が発明の実施の形態における理論的なユニキャストの通信半径である (例えば、 $S=3$ 又は 5 、 $D=7$)。

発明の実施の形態に係るプロトコルでは、パケットが端末を通過する度にその途中経路情報をパケット内部に記憶させておく (Fig.10 の S35 乃至 S38 参照)。これを経路スタックと呼ぶ。また、パケットはこの経路スタックから次に取得すべき値の場所を指し示すスタックポインタを持っている。データの送信元端末がパケットをブロードキャストする (Fig.8 の S10、S11 参照) ことにより、目的の端末に辿り着いた時点でそのパケットの経路スタックには送信元への戻り経路が詰め込まれていることになる。

なお、目的端末が経路表に存在することが予めわかっている場合 (Fig.8 の S10a で YES)、S11 のブロードキャストの代わりに、当該経路表に基づき目的端末へパケットをユニキャストする (S10b)。

具体的には Fig.6 において端末 1A からブロードキャストを行うと、パケットが端末 1F に到達した時点で、経路スタックの中は Fig.7 のようになっている。スタックに積まれる値は端末ローカルなリンク ID または Identity であり、リンク ID または Identity は隣接端末間で一意であればよく、グローバルに一意であ

る必要はない。また、0番はスタックが空であることを示すリンク ID または Identity として予約されている。

本発明の実施の形態において、IP のようなアドレス体系は採用されていない。代わりに存在するのが「Identity」(リンク ID)という概念である。Identity の重要な機能は「ノードの同一性の抽象化」である。本発明の実施の形態のプロトコルにおいて、Identity.equals()メソッド(端末識別メソッド)が false を返せば、そのノードは別人と判定される。本発明の実施の形態におけるメッセージ送受信は、すべてこの Identity へ向けて送信される。

端末 1F がパケットを送り返す時(sendback unicast)には、途中経路の端末(例えば端末 1E)はスタックポインタを移動させると同時にリンク ID または Identity を取り出し、その値に対応する隣接端末へパケットを転送する(Fig.10 の S39,S40,S42 参照)。この処理を途中経路の各端末 1 が行うことでデータを送信元へ送り返すことが可能である。この処理は経路表を引く必要がないため転送速度が高速である。

端末 1A は送り返されたパケットの経路スタックに基づき目的端末へパケットを送ることができる(Fig.8 の S12、S13)。

ここで端末 1D と端末 1E 間のリンクが切れ、代わりに端末 1C と端末 1E 間にリンクが新しく生成された場合を考えてみる。端末 1F から端末 1E にパケットが送り返された時点で、次にポップするリンク ID または Identity に対応する転送先が失われているため、スタックの再構築が必要となる(Fig.10 の S42 で YES)。

スタック再構成処理の例を Fig.11 に示す。値が無効だと判明した時点でスタックを全て空にし(S50)、端末 1E から端末 1A へ向けて再びブロードキャストを行う(S51、S52)。このパケットを受けて端末 1A は目的端末 1F へパケットを送信する。

本発明の実施の形態のプロトコルは、ワイヤレスネットワークのようなトポロジの変化しやすいネットワーク環境で動作する、実用レベルの P2P プロトコルを目指したものである。これは以下のような特徴をもつ。

(1) ad-hoc network

ワイヤレスネットワークではノード=デバイスが広範囲に移動するため、ネットワークへの接続ポイントが頻繁に切り替わる。またシャットダウンしたり電波の圏外へ行ってしまふことで、端末そのものが消滅してしまったかのように見えることもある。ここから言えることは

- ・ネットワーク全域をカバーする静的なノード一覧表がもてない。
- ・デバイス ID などの端末固有情報から、そのノードのネットワーク位置を推測できない
- ・直前まで有効だった経路がすべて失われるかもしれない

ということである。本発明の実施の形態のプロトコルはこの条件下で破綻なく運用できる。

(2) fully decentralized

他のプロトコル/システムで用いられている中央サーバや central point をアーキテクチャの根幹に据えてない。インターネットのような Reachability を前提にできないワイヤレスネットワークでは central point (従来の言葉でいう「サーバ」) が存在してもそれを発見できないかもしれない。central point は企業がユーザにトラフィックの質を保証するなど、「恣意的」に導入される周辺要素である。